

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-092199

(43)Date of publication of application : 04.04.1997

(51)Int.Cl.

H01J 37/317

H01J 27/16

H01J 37/08

H01L 21/265

(21)Application number : 07-274897

(71)Applicant : NISSIN ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 27.09.1995

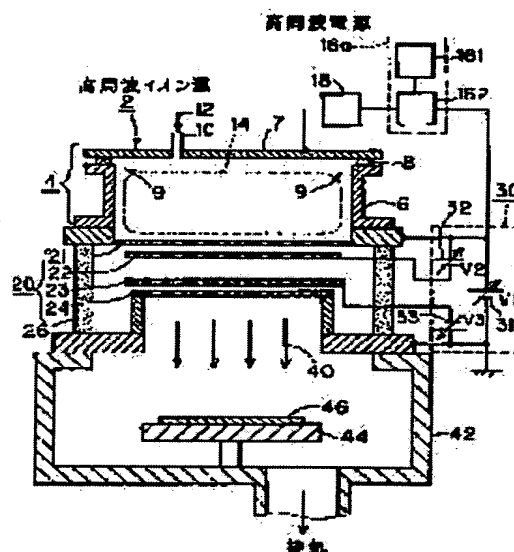
(72)Inventor : NAKAHIGASHI TAKAHIRO

## (54) ION BEAM GENERATION METHOD AND DEVICE THEREOF

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve uniformity of the beam current density distribution of an ion beam to be induced and increase the beam current density by supplying high-frequency power of which modulation is multiplied for the plasma source part of a high-frequency ion source.

**SOLUTION:** An ion beam generation device uses a high-frequency power supply 16a composed of a high-frequency signal generator 161 capable of generating the high-frequency signal of an arbitrary wave and a high-frequency power amplifier 162 for power-amplifying a high-frequency signal to be generated. Thus, high-frequency power multiplied by the first modulation to be intermitted in a certain period for an original high-frequency signal is supplied to between a high-frequency electrode 7 and a plasma generation container 6 constituting a plasma source 4 through a rectifying circuit 18. A plasma 14 is produced at an end part proximity 9 of the container in a duration while the high-frequency power is turned on, and that plasma 14 is dispersed in a plasma generation container 6 in a duration while the high-frequency power is turned off.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-92199

(43) 公開日 平成9年(1997)4月4日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 J 37/317			H 0 1 J 37/317	Z
27/16			27/16	
37/08			37/08	
H 0 1 L 21/265			H 0 1 L 21/265	F
				D
審査請求 未請求 請求項の数4 F D (全 7 頁)				

(21) 出願番号 特願平7-274897

(22) 出願日 平成7年(1995)9月27日

(71) 出願人 000003942

日新電機株式会社

京都府京都市右京区梅津高畝町47番地

(72) 発明者 中東 孝浩

京都府京都市右京区梅津高畝町47番地 日

新電機株式会社内

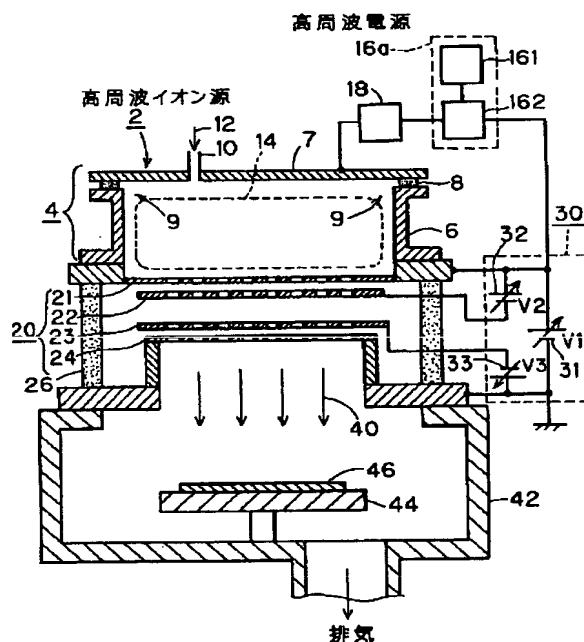
(74) 代理人 弁理士 山本 恵二

(54) 【発明の名称】 イオンビーム発生方法およびその装置

(57) 【要約】

【課題】 高周波イオン源におけるプラズマの生成手段を改善して、それから引き出すイオンビームのビーム電流密度分布の均一性の向上およびビーム電流密度の増大を可能にする。

【解決手段】 高周波イオン源2のプラズマソース部4を構成する高周波電極7とプラズマ生成容器6との間に、高周波電源16aから、元となる高周波信号に対してそれを断続させる第1の変調をかけた高周波電力を供給する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ガスが導入されそれを高周波放電によって電離させてプラズマを発生させるプラズマソース部と、このプラズマソース部内のプラズマから電界の作用でイオンビームを引き出す引出し電極系とを有する高周波イオン源のプラズマソース部に、元となる高周波信号に対してそれを断続させる第1の変調をかけた高周波電力を供給してイオンビームを引き出すことを特徴とするイオンビーム発生方法。

【請求項2】 ガスが導入されそれを高周波放電によって電離させてプラズマを発生させるプラズマソース部と、このプラズマソース部内のプラズマから電界の作用でイオンビームを引き出す引出し電極系とを有する高周波イオン源のプラズマソース部に、元となる高周波信号に対して、それを断続させる第1の変調と、この第1の変調よりも長い周期で断続させる第2の変調とをかけた高周波電力を供給してイオンビームを引き出すことを特徴とするイオンビーム発生方法。

【請求項3】 ガスが導入されそれを高周波放電によって電離させてプラズマを発生させるプラズマソース部およびこのプラズマソース部内のプラズマから電界の作用でイオンビームを引き出す引出し電極系を有する高周波イオン源と、この高周波イオン源のプラズマソース部に、元となる高周波信号に対してそれを断続させる第1の変調をかけた高周波電力を供給する高周波電源とを備えることを特徴とするイオンビーム発生装置。

【請求項4】 ガスが導入されそれを高周波放電によって電離させてプラズマを発生させるプラズマソース部およびこのプラズマソース部内のプラズマから電界の作用でイオンビームを引き出す引出し電極系を有する高周波イオン源と、この高周波イオン源のプラズマソース部に、元となる高周波信号に対して、それを断続させる第1の変調と、この第1の変調よりも長い周期で断続させる第2の変調とをかけた高周波電力を供給する高周波電源とを備えることを特徴とするイオンビーム発生装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は、例えばイオン注入装置、イオンドーピング装置（非質量分離型イオン注入装置）、イオン照射と真空蒸着を併用する薄膜形成装置等のように、イオンビームを処理対象物に照射して処理を行う場合に用いられるイオンビーム発生方法およびその装置に関し、より具体的には、その高周波イオン源から引き出すイオンビームのビーム電流密度分布の均一性の向上およびビーム電流密度の増大を図る手段に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 図4は、従来のイオンビーム発生装置を用いたイオンドーピング装置の一例を示す断面図である。このイオンドーピング装置は、イオンビーム40を

射出する高周波イオン源2と、それにイオンビーム引出し用の電圧を印加する電源装置30とを有するイオンビーム発生装置の高周波イオン源2を、処理室42の上部に取り付けた構造をしている。

【0003】 処理室42内には、処理対象物の一例である基板46を保持するホルダ44が設けられている。また、この処理室42は、図示しない真空排気装置によって真空排気される。

【0004】 高周波イオン源2は、ガスが導入されそれを高周波放電によって電離させてプラズマ14を発生させるプラズマソース部4と、このプラズマソース部4の出口付近に設けられていて、プラズマソース部4内のプラズマ14から電界の作用でイオンビーム40を引き出す引出し電極系20とを有している。

【0005】 プラズマソース部4は、筒状のプラズマ生成容器6と、その背面部に蓋をするように設けられた高周波電極7とを有しており、両者間は絶縁碍子8によって電気的に絶縁されている。プラズマソース部4内には、この例では、高周波電極7の上部に設けられたガス導入口10からガス12が導入されるが、そのようにせずに、処理室42からプラズマソース部4内に拡散してくるガスを用いても良い。

【0006】 プラズマソース部4には、より具体的にはそれを構成する高周波電極7とプラズマ生成容器6との間には、高周波電源16から整合回路18を介して高周波電力が供給される。この高周波電力は、従来は連続した正弦波であり、その周波数は通常は13.56MHzである。

【0007】 引出し電極系20は、この例では、最プラズマ側から下流側に向けて配置された第1電極21、第2電極22、第3電極23および第4電極24を有している。26は絶縁碍子である。これらの各電極21～24は、この例では多孔電極であるが、イオン引出しスリットを有する場合もある。

【0008】 第1電極21は、引き出すイオンビーム40のエネルギーを決める電極であり、電源装置30を構成する直流の第1電源31から、接地電位を基準にして正の高電圧が印加される。第2電極22は、第1電極21との間に電位差を生ぜしめそれによる電界によってプラズマ14からイオンビーム40を引き出す電極であり、電源装置30を構成する直流の第2電源32から、第1電極21の電位を基準にして負の電圧が印加される。第3電極23は、下流側からの電子の逆行を抑制する電極であり、電源装置30を構成する直流の第3電源33から、接地電位を基準にして負の電圧が印加される。第4電極24は、接地されている。

【0009】 図4の装置の動作例を説明すると、処理室42内のホルダ44上に所望の基板46を保持して処理室42内を真空排気しながら、高周波イオン源2のプラズマソース部4内に所望のガス12を導入し、かつプラ

ズマソース部 4 に（より具体的にはそれを構成する高周波電極 7 とプラズマ生成容器 6 間に）前述したような高周波電力を供給すると、高周波電極 7 とプラズマ生成容器 6 との間で高周波放電が起こり、それによってガスが分解されてプラズマ 14 が作られる。このプラズマ 14 中のイオンは、引出し電極系 20 によってイオンビーム 40 として引き出される。引き出されたイオンビーム 40 は、質量分離を行うことなくそのまま基板 46 に照射され、イオン注入（イオンドーピング）が行われる。

#### 【0010】

【発明が解決しようとする課題】上記のような従来の装置においては、イオンビーム 40 のビーム電流密度を大きくしようとして、プラズマソース部 4 に投入する高周波電力を大きくすると、プラズマソース部 4 内の放電しやすい部分に、具体的には高周波電極 7 とプラズマ生成容器 6 とが互いに近づいている端部付近 9 に高周波放電が集中するため、その付近に濃いプラズマ 14 が偏在し、その結果、イオンビーム 40 のビーム電流密度分布の均一性が悪化するという問題が生じる。

【0011】また、濃いプラズマ 14 が上記端部付近 9 に偏在し、プラズマソース部 4 内の広い領域にうまく拡散しないため、投入高周波電力を大きくしても、イオンビーム 40 のビーム電流密度があまり増大しないという問題もある。これは、イオンビーム 40 のビーム電流密度は、イオンビーム 40 のほぼ全体のビーム電流をその面積で割った値であるから（より具体的にはこの例では、基板 46 に入射するイオンビーム 40 の全ビーム電流を基板 46 の面積で割った値を測っている）、濃いプラズマ 14 が局所的に生じてイオンビーム 40 の一部分で局所的にビーム電流密度が増えても、イオンビーム 40 全体としてはビーム電流はあまり増大しないので、全体的なビーム電流密度はあまり大きくならないからである。しかも、上記端部付近 9 でプラズマ密度が増えても、その部分は引出し電極系 20 の端部に位置しているので、そこからイオンビーム 40 を引き出すのは困難であり、これもイオンビーム 40 のビーム電流密度があまり大きくならない要因になっている。このような問題は、プラズマソース部 4 および引出し電極系 20 が大面積の、いわゆる大口径のイオン源において著しい。

【0012】そこでこの発明は、上記のような高周波イオン源におけるプラズマの生成手段を改善して、それから引き出すイオンビームのビーム電流密度分布の均一性の向上およびビーム電流密度の増大を可能にしたイオンビーム発生方法およびその装置を提供することを主たる目的とする。

#### 【0013】

【課題を解決するための手段】この発明のイオンビーム発生方法は、前述したような高周波イオン源のプラズマソース部に、元となる高周波信号に対してそれを断続させる第 1 の変調をかけた高周波電力を供給してイオンビ

ームを引き出すことを特徴とする。

【0014】高周波電力に、上記のような第 1 の変調に加えて、この第 1 の変調よりも長い周期で断続させる第 2 の変調をかけても良い。

【0015】プラズマソース部に上記のような第 1 の変調をかけた高周波電力を供給すると、高周波電力のオン期間中に作られたプラズマは、高周波電力のオフ期間中にプラズマソース部内の広い領域に拡散するようになる。しかも、高周波電力のオン期間の初期には、ガスの励起作用が非常に高まるので、非常に濃いプラズマが作られ、これが繰り返される。そしてこのような濃いプラズマの生成と当該プラズマの拡散とが繰り返されるので、プラズマソース部内の広い領域において濃いプラズマが均一性良く生成される。その結果、高周波イオン源から引き出すイオンビームのビーム電流密度分布の均一性を向上させると共に、ビーム電流密度を増大させることが可能になる。

【0016】高周波電力に更に上記のような第 2 の変調をかけると、この第 2 の変調によっても、上記第 1 の変調に加えて更に、第 1 の変調と同様の作用によって、濃いプラズマの生成とその拡散とを繰り返して生じさせることができるので、一層濃いプラズマを生成することが可能になり、ビーム電流密度を一層増大させることが可能になる。

#### 【0017】

【発明の実施の形態】図 1 は、この発明に係るイオンビーム発生装置を用いたイオンドーピング装置の一例を示す断面図である。図 4 の従来例と同一または相当する部分には同一符号を付し、以下においては当該従来例との相違点を主に説明する。

【0018】この実施例においては、従来例の高周波電源 16 の代わりに、任意の波形の高周波信号を発生させることができる高周波信号発生器 161 と、それからの高周波信号を電力増幅する高周波パワーアンプ 162 とで構成された高周波電源 16a を用いている。そしてこれによって、例えば図 2 に示す例のように、元となる高周波信号に対して、それを周期  $T_1$  で断続させる第 1 の変調をかけた高周波電力を、整合回路 18 を介して、前述したプラズマソース部 4 を構成する高周波電極 7 とプラズマ生成容器 6 との間に供給するようにしている。

【0019】この元となる高周波信号は、例えば従来例と同様に 13.56MHz の正弦波信号であるが、これに限定されるものではない。

【0020】なお、ガス 12 としては、特定のものに限定されるものではなく、例えば、①半導体の不純物注入を目的とする場合は、 $\text{PH}_3$ 、 $\text{B}_2\text{H}_6$ 、 $\text{AsH}_3$ 、 $\text{SiH}_4$ 、 $\text{Si}_2\text{H}_6$ 、 $\text{GeH}_4$  等、②基板 46 のプラズマ処理やガス元素注入を目的とする場合は、 $\text{N}_2\text{O}$ 、 $\text{O}_2$ 、 $\text{N}_2$ 、 $\text{H}_2$ 、 $\text{Ar}$ 、 $\text{Kr}$ 、 $\text{Xe}$  等、③基板 46 のエッチング処理を目的とする場合は、C1 化合物（クロロフル

10

20

30

40

50

オルカーボン、 $\text{Cl}_2$ 、 $\text{Cl}_3$ 等)、F化合物( $\text{SF}_6$ 、 $\text{CF}_4$ 等)等、を使用することができる。

【0021】プラズマソース部4に上記のような変調をかけた高周波電力を供給すると、高周波電力がオンされている期間 $t_1$ 中に、前述した端部付近9でプラズマ14が作られ、高周波電力がオフされている期間 $t_2$ 中に、そのプラズマ14がプラズマ生成容器6内の中央部の方へ広がって全体に拡散する。しかも、オン期間 $t_1$ の初期には、高周波電極7とプラズマ生成容器6間に非常に高い電圧が印加されてガス12の励起作用が非常に高まるので、端部付近9に非常に濃いプラズマ14が作られ、このようなプラズマ生成が繰り返されることになる。

【0022】その場合、高周波電力のオフ期間 $t_2$ 中も、整合回路18内には通常は直列にコンデンサが挿入されていてそれからの高周波電力の放電が一定の時定数で続くため、これが端部付近9においてプラズマを持続させることに寄与する。

【0023】そして上記のような端部付近9における濃いプラズマ14の生成と当該プラズマ14の中央部への拡散とが周期 $T_1$ で繰り返されるので、濃いプラズマ14が従来例のように端部付近9に偏在することはなく、プラズマソース部4内の広い領域において濃いプラズマ14が均一性良く生成される。その結果、このプラズマソース部4から引き出すイオンビーム40のビーム電流密度分布の均一性を向上させると共に、ビーム電流密度を増大させることが可能になる。

【0024】しかも、上記高周波イオン源2のように筒状のプラズマ生成容器6とその蓋を兼ねる高周波電極7との間で高周波放電を起こさせるタイプのイオン源の場合、平行平板の高周波電極を用いる場合と違って、プラズマソース部4の直径が大きくなると、従来例のように連続的な高周波電力を供給したのでは最初のプラズマが立ちにくいのでトリガのようなものを設ける必要が出てくるが、この発明のように断続変調をかけた高周波電力を供給すれば、前述したように高周波電力のオン期間 $t_1$ の初期に高周波電極7とプラズマ生成容器6間に非常に高い電圧が印加されるので、最初のプラズマを立てることが容易になり、従って大口径のイオン源の場合でもトリガを省略することが可能になる。

【0025】上記高周波電力の第1の変調の周期 $T_1$ は、端部付近9において先のオン期間 $t_1$ 中に発生させたプラズマが消滅しない内に次のオン期間 $t_1$ になるようなもの、即ちプラズマの寿命より短い周期にするのが好ましい。このプラズマの寿命は、使用するガス種にもよるが、前述したような種類のガス12の場合は通常は数msec～数百μsecであるので、上記第1の変調の周波数( $1/T_1$ )は、数百Hz～数KHz以上、余裕を見て数KHz以上にするのが好ましい。但し、この周波数をあまり高くすると、連続波に近づいて高周波

電力を断続する効果が薄れてくるので、上限は元となる高周波信号の周波数の $1/10$ 程度以下にするのが好ましい。即ち、元となる高周波信号が前述した13.56MHzの場合、上記第1の変調の周波数は、上記理由から、数KHz～数MHzの範囲内に選ぶのが好ましい。より具体的には、第1の変調の周波数は、ガス12が $\text{PH}_3$ 等の金属水素化物の場合は10KHz～100KHzで高い効果が得られ、 $\text{SiH}_4$ の場合は70KHz前後で非常に高い効果が得られた。

【0026】上記第1の変調のデューティ比( $t_1/T_1$ )は、あまり小さいとオン期間 $t_1$ が短くなり過ぎてプラズマ生成に十分に電力を投入することができず、あまり大きいと連続波に近づいて高周波電力を断続する効果が薄れてくるので、30%～80%程度に選ぶのが好ましい。

【0027】プラズマソース部4には、例えば図3に示す例のように、元となる高周波信号に対して、それを前述したような周期 $T_1$ で断続させる第1の変調と、この第1の変調よりも長い周期 $T_2$ で断続させる第2の変調とをかけた(即ち二重変調をかけた)高周波電力を供給するようにしても良い。

【0028】そのようにすると、第2の変調によっても、第1の変調に加えて更に、第1の変調の場合とほぼ同様の作用によって、オン期間 $t_3$ における濃いプラズマ14の生成と、オフ期間 $t_4$ における当該プラズマ14の拡散とを、第1の変調による場合よりもゆっくりした周期で繰り返して生じさせることができるので、これと第1の変調による作用とが相俟って、プラズマソース部4内の広い領域において一層濃いプラズマ14を生成することが可能になり、プラズマソース部4から引き出すイオンビーム40のビーム電流密度を一層増大させることが可能になる。

【0029】この第2の変調の周期 $T_2$ は、あまり長くすると第2の変調をかける効果が薄れてくるので、第1の変調の周期 $T_1$ の100倍以下にするのが好ましい。

【0030】またこの第2の変調のデューティ比( $t_3/T_2$ )は、あまり小さいとオン期間 $t_3$ が短くなり過ぎてプラズマ生成に十分に電力を投入することができず、あまり大きいと第2の変調をかける効果が薄れてくるので、20%～80%程度に選ぶのが好ましい。

【0031】

【実施例】プラズマソース部4の内径が300mmφ、高さが200mm、引出し電極系20の内径が400mmφ、高さが200mm、処理室42の内径が500mmφ、高さが300mmの装置を用い、電圧V1を8kV、電圧V2を2kV、電圧V3を500Vにして、次のような条件でイオンビーム40を引き出し、そのビーム電流密度分布の均一性およびビーム電流密度を測定した。ビーム電流密度分布の均一性は、ファラデーカップを用いて基板46の表面における面内分布を測定した。

ビーム電流密度は、基板 46 に流れる全ビーム電流を測定してそれを基板 46 の面積で割った。

【0032】〈実施例 1〉

投入高周波電力：300W

使用ガス：10%PH<sub>3</sub> /H<sub>2</sub>

ガス流量：10SCCM

運転圧力：5×10<sup>-4</sup>Torr

元となる高周波：13.56MHz の正弦波

第 1 変調周波数：50KHz

デューティ比：50%

【0033】〈実施例 2〉

投入高周波電力：300W

使用ガス：10%PH<sub>3</sub> /H<sub>2</sub>

ガス流量：10SCCM

運転圧力：5×10<sup>-4</sup>Torr

元となる高周波：13.56MHz の正弦波

第 1 変調周波数：50KHz

デューティ比：50%

第 2 変調周波数：1KHz

デューティ比：50%

【0034】〈比較例〉

投入高周波電力：300W

使用ガス：10%PH<sub>3</sub> /H<sub>2</sub>

ガス流量：10SCCM

運転圧力：5×10<sup>-4</sup>Torr

元となる高周波：13.56MHz の正弦波

10 変調：なし（連続波）

【0035】上記比較例、実施例 1 および実施例 2 の場合の測定結果を表 1 に示す。これから、比較例に比べて実施例 1 ではイオンビームの均一性および電流密度が共に大きく向上しており、実施例 2 では電流密度が実施例 1 よりも更に向上していることが分かる。

【0036】

【表 1】

	比較例	実施例 1	実施例 2
均一性 (%)	7	3	3
電流密度 (μA/cm <sup>2</sup> )	5	8	8.5

【0037】なお、絶縁碍子 8 を上記位置に設けずに高周波電極 7 とプラズマ生成容器 6 とを同電位にし、その代わりにプラズマ生成容器 6 と第 1 電極 21 との間に絶縁碍子を設けてそこを絶縁し、この高周波電極 7 およびプラズマ生成容器 6 と第 1 電極 21 との間に、高周波電

30

【0038】

【発明の効果】この発明は、上記のとおり構成されているので、次のような効果を奏する。

【0039】請求項 1 の発明によれば、高周波イオン源のプラズマソース部において濃いプラズマの生成と当該プラズマの拡散とが繰り返されるので、プラズマソース部内の広い領域において濃いプラズマを均一性良く生成することができる。その結果、高周波イオン源から引き出すイオンビームのビーム電流密度分布の均一性を向上させると共に、ビーム電流密度を増大させることが可能になる。

40

【0040】請求項 2 の発明によれば、第 2 の変調によっても、プラズマの生成とその拡散とが第 1 の変調よりもゆっくりした周期で繰り返されるので、これと第 1 の変調による上記作用とが相俟って、プラズマソース部内の広い領域において一層濃いプラズマを生成することが可能になり、高周波イオン源から引き出すイオンビームのビーム電流密度を一層増大させることが可能になる。

【0041】請求項 3 の発明によれば、高周波イオン源

50

のプラズマソース部において濃いプラズマの生成と当該プラズマの拡散とを繰り返して生じさせることができるので、プラズマソース部内の広い領域において濃いプラズマを均一性良く生成することができる。その結果、高周波イオン源から引き出すイオンビームのビーム電流密度分布の均一性を向上させると共に、ビーム電流密度を増大させることが可能になる。

【0042】請求項 4 の発明によれば、第 2 の変調によっても、プラズマの生成とその拡散とを第 1 の変調よりもゆっくりした周期で繰り返して生じさせることができるので、これと第 1 の変調による上記作用とが相俟って、プラズマソース部内の広い領域において一層濃いプラズマを生成することが可能になり、高周波イオン源から引き出すイオンビームのビーム電流密度を一層増大させることが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】この発明に係るイオンビーム発生装置を用いたイオンドーピング装置の一例を示す断面図である。

【図 2】第 1 の変調をかけた高周波電力の波形の一例を示す概略図である。

【図 3】第 1 および第 2 の変調をかけた高周波電力の波形の一例を示す概略図である。

【図 4】従来のイオンビーム発生装置を用いたイオンドーピング装置の一例を示す断面図である。

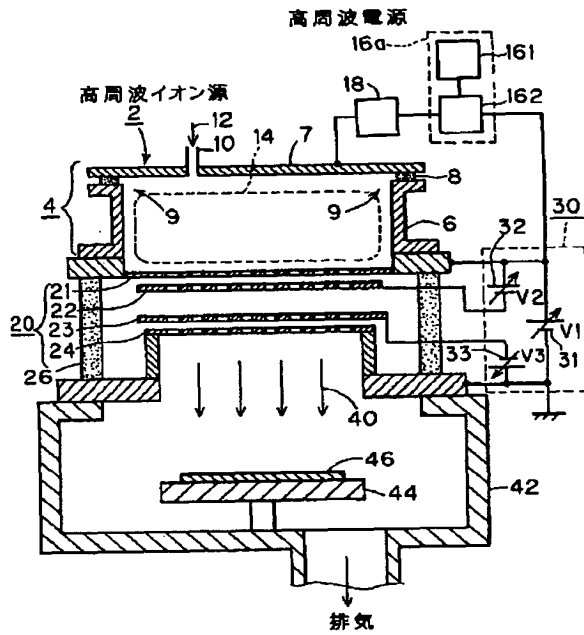
【符号の説明】

2 高周波イオン源

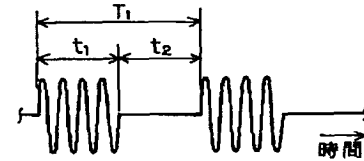
- 4 プラズマソース部  
6 プラズマ生成容器  
7 高周波電極  
14 プラズマ

- 16a 高周波電源  
20 引出し電極系  
40 イオンビーム

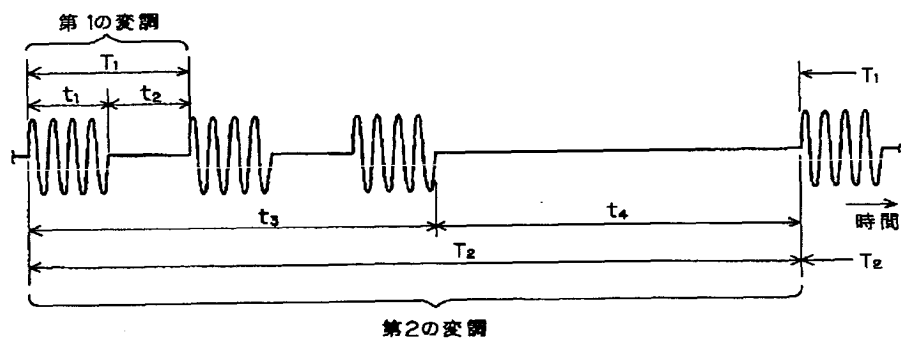
【図1】



【図2】



【図3】



【図 4】

